



Mestrado Integrado de Medicina Dentária

Artigo de Investigação Médico Dentário

Avaliação da resistência à compressão de resinas compostas manipuladas com lubrificantes

Isabel Cristina Simões Ribeiro

lmd06104@fmd.up.pt

Aluna do Mestrado Integrado de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Porto, Junho 2013



Mestrado Integrado de Medicina Dentária

Artigo de Investigação Médico Dentário

Avaliação da resistência à compressão de resinas compostas manipuladas com lubrificantes

Isabel Cristina Simões Ribeiro

lmd06104@fmd.up.pt

Orientadora

Ana Isabel Pereira Portela

PhD, Assistente convidada, FMDUP

Co-orientador

Mário Jorge Rebolho Fernandes da Silva

Professor Catedrático, FMDUP

Porto, Junho 2013

Índice

Abreviaturas.....	IV
Resumo	1
Abstract.....	2
Introdução	3
Materiais e Métodos	6
Resultados.....	9
Discussão	17
Conclusão	20
Referências Bibliográficas.....	21
Agradecimentos	24
Anexos.....	26

Abreviaturas

Bis-GMA: Bisfenol-A glicidilmetacrilato

TEGDMA: Tri(etileno-glicol) dimetacrilato

UDMA: Uretano dimetacrilato

Bis-EMA: Bisfenol-A etoxilado dimetacrilato

HEMA: 2- Hidroxietil metacrilato

DEGMA: Di(etileno-glicol) metil-eter-metacrilato

TMPTMA: Trimetilopropano trimetacrilato

BHT: Hidroxitolueno butilado

PPF: Poli(propileno) fumarato

SiO₂: Dióxido de Silício ou Sílica

Ba: Bário

Zr: Zircônica

Sr: Estrôncio

Álc: Álcool

5^aG: Adesivo “total-etching”

6^aG: Adesivo “self-etching”

nm: Nanômetro

MPa: Mega Pascal

F: Força

A: Área

N: Newton

kN: Quilo-Newton

mm: Milímetros

mW/cm²: Miliwatts por centímetro quadrado

LED: Diodo emissor de luz

Resumo

A utilização de lubrificantes na manipulação de resinas compostas para a elaboração de uma restauração dentária, tem despertado um especial interesse nos médicos dentistas, com o intuito de facilitar a adaptação do material à estrutura dentária e das camadas de resina composta entre si, bem como para melhorar o acabamento final da restauração. O uso frequente desta técnica tem levado a preocupações sobre possíveis alterações nas propriedades físicas e mecânicas da restauração final.

Este estudo teve como objetivo avaliar a resistência à compressão de três resinas compostas manipuladas com álcool etílico a 96%, um adesivo “total-etching” com solvente de acetona e um adesivo “self-etching” com solvente de etanol.

As amostras foram efetuadas num provete cilíndrico em Teflon com 4 mm de diâmetro e 8 mm de comprimento e distribuídas em 12 grupos (n=12). As amostras foram armazenadas em água destilada numa estufa a 37°C, durante 24h. Para a avaliação da resistência à compressão, as amostras foram colocadas numa máquina de ensaios Shimadzu *Autograph AG-X 100 kN* e submetidas a uma força compressiva aplicada axialmente com uma velocidade constante de 0.5 mm/min. Os dados obtidos no estudo foram transferidos e convertidos para o programa Microsoft Office® Excel 2007 e analisados estatisticamente com recurso ao programa SPSS® V.21 através do teste ANOVA com um nível de significância de 5%. A hipótese nula testada foi que o lubrificante não altera a resistência à compressão das resinas compostas estudadas, com um grau de confiança de 95%.

Verificou-se que os grupos controlo e os grupos dos lubrificantes não apresentam diferenças estatisticamente significativas, com a exceção do grupo Synergy®D6 (Coltène) manipulado com álcool etílico 96% que parece apresentar melhor resistência mecânica, relativamente ao grupo controlo.

O recurso a materiais com características lubrificantes para a realização de uma restauração em resina composta facilita a manipulação e a adaptação do mesmo à cavidade e entre camadas não parecendo alterar, de forma estatisticamente significativa, a resistência à compressão da restauração final.

Palavas-Chave: Resina composta; Instrumentos lubrificados; Força compressiva.

Abstract

The use of lubricants while handling composite resins in a dental restoration has been raising particular interest among dentists who seek to ease the adaptation of the material to the tooth structure and between composite layers, as well as to improve the finishing of the restoration. The common use of this technique has brought concerns about eventual changes in physical and mechanical properties of the final restoration.

The aim of this study was to evaluate the resistance to compressive strength of three composites handled with 96% ethyl alcohol, a total-etching adhesive with acetone as solvent and a self-etching adhesive with ethanol solvent.

The samples were collected in a Teflon cylindrical tray with 4 mm diameter and 8 mm in length and separated in 12 groups ($n = 12$). The samples were stored inside distilled water in a warm-house at 37°C for 24h. For evaluation of resistance to compressive strength, the samples were placed in the equipment Shimadzu Autograph AG-study X 100 kN and subjected to a compressive strength applied axially at a constant speed of 0.5 mm/min. The data obtained in this test were downloaded and converted to Microsoft Office Excel ® 2007 and statistically analyzed using SPSS ® V.21 software through ANOVA test with a significance interval of 5%. The null hypothesis tested was that the lubricant does not affect the resistance to compressive strength of the composites in this study, with a confidence interval of 95%.

It was verified that the control group and the lubricant groups show no statistically significant differences, with the exception of Synergy*D6 (Voco) group handled with 96% ethyl alcohol which seems to have higher resistance than the control group.

The use of materials with lubricant properties to perform a composite resin restoration eases its handling and adjustment both to the cavity and in between layers, without a statistically significant change in the final restoration's resistance to compressive strength.

Keywords: Composite resin; lubricated instruments; compressive strength.

Introdução

As resinas compostas (RC) são atualmente o material de eleição para a restauração direta de dentes, tanto no setor anterior como posterior. Têm sido feitas várias alterações e inovações na sua composição e manipulação ao longo dos anos. A descoberta da técnica do ataque ácido, introduzida por Buonocore em 1955, marcou a era adesiva na medicina dentária (1) no entanto, os constituintes básicos das RC restauradoras da época, permaneceram relativamente inalterados ou sem mudanças significativas (2). O sistema adesivo foi, dentro dos elementos constituintes dos materiais restauradores, aquele que sofreu maior alteração tornando-se mais estável quimicamente e, portanto, mais confiável (2-4).

As primeiras RC continham na sua composição uma matriz de polimetilmetacrilato ao qual eram adicionados partículas de carga inerte que tinham como função aumentar a resistência e diminuir os efeitos adversos da contração de polimerização. Esta matriz era incapaz de unir adequadamente as partículas de carga do material, causando deficiências estruturais (5). Na tentativa de ultrapassar este problema, Bowen, em 1962, criou um novo tipo de resina composta. Desenvolveu um monómero de bis-GMA e um agente de união das partículas de carga (silano orgânico) (6). As RC passaram a ser constituídas por matriz orgânica, partículas de carga inorgânica e um agente de união (5, 7-10). Desde então, tem-se assistido a várias modificações da estrutura orgânica das RC com o objetivo de melhorar a estabilidade dimensional e também as propriedades mecânicas das mesmas (5).

O bis-GMA tem a particularidade de ter uma viscosidade muito alta, o que torna difícil a sua mistura e manipulação. Daí a necessidade de ter de se usar moléculas com baixo peso molecular e monómeros altamente fluidos para diluir o bis-GMA e resinas similares que atingem altos níveis de carga. A redução da viscosidade é bastante significativa quando monómeros como o TEGDMA são adicionados ao bis-GMA. Cria-se uma matriz de resina rígida que é altamente resistente ao amolecimento e/ou degradação pelo calor e solventes, como álcool e água (11). Outras moléculas de alto peso molecular têm sido desenvolvidas e

introduzidas aos materiais para superar as limitações dos sistemas à base de bis-GMA. Por exemplo, formulações à base de UDMA, monómero com menor viscosidade e alta flexibilidade em relação ao bis-GMA. Este co-polímero apresenta uma elevada força de flexibilidade, módulo de elasticidade e dureza. Outra alternativa é a versão etoxilada do bis-GMA, o bis-EMA, um monómero de elevado peso molecular. O bis-EMA possui grupos metílicos em vez de grupos hidroxilos, resultando num monómero mais hidrofóbico. A ausência do grupo hidroxilo permite o deslizamento entre moléculas que leva à ausência de interações moleculares secundárias, promovendo uma menor viscosidade, maior grau de conversão e melhores propriedades mecânicas das RC (5, 12).

Para melhorar as propriedades das RC, têm sido incorporados na sua composição diversos tipos de partículas de carga, tais como a sílica coloidal, partículas de Zr-SiO₂ ou vidros e cerâmicas que possuem metais pesados como o Ba, o Sr e Zr. De acordo com a composição da RC as partículas apresentam distribuições características, sendo fundamental na determinação das suas propriedades (5). O tamanho e a distribuição das partículas de carga que constituem as RC permite classificá-las em macroparticuladas, híbridas, microparticuladas, microhíbridas, nanoparticuladas e nanohíbridas (5). A evolução do tamanho das partículas para uma escala nanométrica (partículas entre 0,1-100nm) confere às RC melhores propriedades mecânicas nas regiões submetidas a altas tensões mastigatórias(5, 8, 13, 14).

A manipulação da RC e a sua utilização diretamente na cavidade oral, associadas aos adesivos, é uma técnica minimamente invasiva que possibilita preservar a estrutura dentária saudável. A técnica incremental é fundamental para a confeção de restaurações mais resistentes (15). Este facto deve-se ao fenómeno de contração de polimerização, processo que induz uma tensão nas margens da restauração promovendo a rutura da interface resina composta/estrutura dentária (16).

Podem ser usados pelo médico dentista vários instrumentos de inserção da RC, tais como instrumentos metálicos, espátulas e pinceis de borracha ou de pêlo de marta (7, 15). O

recurso a instrumentos manuais para inserir a RC é um método muito usual e simples. Uma desvantagem destes instrumentos de inserção é o risco de incorporação de bolhas de ar entre a preparação e a RC ou entre incrementos durante o procedimento de inserção. A experiência do profissional e o cuidado na inserção da RC minimizam este problema (17). Se os instrumentos de inserção e os pincéis de cerdas forem ligeiramente humedecidos com um adesivo resinoso ou álcool, o contacto e o deslizamento com o material restaurador é facilitado, evitando a formação de bolhas de ar ou aderência destes materiais aos instrumentos, causas possíveis de falha da restauração (7, 15, 17, 18).

Existem poucos estudos sobre a alteração das propriedades físicas e mecânicas da RC manipulada com lubrificante (19-22). O recurso a este método poderá comprometer o desempenho clínico da restauração final mesmo que a quantidade usada seja quase insignificante.

Uma propriedade dos materiais considerada importante é a resistência à fratura e, dependendo do tipo predominante de tensão exercida sobre estes, esta resistência pode ser classificada como tensão por: compressão, tração e torção. A tensão é a força por unidade de área num corpo submetido a uma força externa: se esta força ultrapassar a capacidade elástica do material ocorrerá a fratura do mesmo (10, 23).

O presente estudo teve como objetivo verificar se a utilização de lubrificantes nos instrumentos de inserção, durante a técnica incremental nas restaurações com RC, interfere com a resistência à tensão por compressão da restauração final.

Materiais e Métodos

Na preparação das amostras foram utilizadas 3 resinas compostas com algumas diferenças na sua composição, manipuladas com a espátula de inserção lubrificada com 3 tipos de “lubrificantes”, frequentemente utilizados pelos médicos dentistas.

Material		Fabricante	Lot	Composição		
Lubrificantes	Total-etching – 5 ^o G	Prime & Bond NT (Dentisply)	D70630	Matriz		Solvente
				Dimetacrilato, Trimetacrilato, dipentaeritritol pentacrilato de fosfato, fotoiniciador.		Acetona
	Self-etching – 6 ^o G	Futurabond DC Voco	1223059	Bis-GMA, HEMA, TMPTMA, Conforoquinona, Aminas (DABE), BHT, Catalisadores, Fluoretos e Ácidos orgânicos.		Etanol
	Álcool Etilico	Aga	-	Grupos Hidroxilos (HO) – etanol a 96%		
Resinas Compostas	Híbrida	Z100 (3M ESPE)	N445786	Matriz	Carga inorgânica	
				Bis-GMA, TEGDMA, Dimetacrilato, Fotoiniciador e Pigmentos.	SiO ₂ /Zr (600nm).	Vol %:66% Wt %:85%
	Nanohíbrida	Sinergy®D6 (Coltène)	D81548 D72770	Bis-GMA	PPF (partícula pré-polimerizada – 20µm)	Vol %:80% Wt %:65%
				Bis-EMA	Vidro Ba (0,6 µm)	
				UDMA	Micropartícula de SiO ₂ agregadas (150nm)	
				TEGDMA	Nanopartículas de SiO ₂ (20-80nm)	
	Nanohíbrida	Grandio (Voco)	1304217 1224640	Bis-GMA		Vol %:87% Wt %:71,4%
				Dimetacrilato	Vidro Ba-Al-borosilicato (1µm)	
				UDMA	Nanopartículas de SiO ₂ (20-50nm)	
				TEGDMA		

Tabela I: Material utilizado e respectivas composições de acordo com o fabricante (24, 25).

Os diferentes materiais, bem como a respetiva composição encontram-se referidos na Tabela I.

As amostras foram efetuadas num provete cilíndrico em Teflon com 4 mm de diâmetro e 8 mm de comprimento, com três RC manipuladas de 4 formas diferentes (sem e com os 3 lubrificantes) e distribuídas em 12 grupos.

Cada grupo foi constituído por 12 amostras (n=12), de acordo com a RC e o “lubrificante” utilizado (Tabela II). O provete foi dividido em linhas de 2 mm para que a quantidade de cada incremento fosse igual em todas as amostras. Os incrementos de RC foram colocados de 2 em 2 mm e fotopolimerizados com uma lâmpada LED CV – 218 (Technoflux) com intensidade de luz de 2000 mW/cm².

As amostras do grupo controlo, foram preparadas sem recorrer à utilização de “lubrificantes”. Nas amostras onde se utilizou o álcool como “lubrificante”, a quantidade de álcool usado foi controlada para que fosse igual em todos os incrementos, fazendo-se uma marca num godé de vidro para ser preenchido com álcool etílico. Seguidamente, utilizou-se uma compressa para absorver o álcool etílico do godé e, assim, lubrificar a espátula de inserção. Nas amostras preparadas com sistema adesivo como “lubrificante” o controlo da quantidade foi feito através de uma espátula de inserção marcada na sua ponta ativa, até onde seria colocado o adesivo, por incremento.

“Lubrificante”	Híbrida Z100 (3M ESPE)	Nanohíbrida Synergy®D6 (Colténe)	Nanohíbrida Grandio (Voco)
1. Controlo	Z100 (3M ESPE)	Synergy®D6 (Colténe)	Grandio (Voco)
2. Álcool etílico 96%	Z100 (3M ESPE) + Álc.	Synergy®D6 (Colténe) + Álc.	Grandio (Voco) + Álc.
3. Adesivo “total-etching” - 5ªG	Z100 (3M ESPE) + 5ªG	Synergy®D6 (Colténe) + 5ªG	Grandio (Voco) + 5ªG
4. Adesivo “self-etching” - 6ªG	Z100 (3M ESPE) + 6ªG	Synergy®D6 (Colténe) + 6ªG	Grandio (Voco) + 6ªG

Tabela II: Grupos de estudo. 1) Grupos controlo; 2) Grupos manipulados com álcool etílico a 96%; 3) Grupos manipulados com adesivo de 5ª geração; 4) Grupos manipulados com adesivo de 6ª geração.

Todas as amostras foram armazenadas em água destilada numa estufa a 37°C, durante 24h (19-22, 26).

Para a avaliação da resistência à compressão, as amostras foram colocadas na máquina de ensaios Shimadzu *Autograph AG-X 100 kN* e submetidas a uma força compressiva aplicada axialmente com uma velocidade constante de 0.5 mm/min (Figuras 1, 2 e 3).

A força de compressão aplicada promoverá a compressão ou o encurtamento da amostra, sendo que as forças internas são aquelas que resistem à carga – tensão de compressão. A tensão por definição é a força por unidade de área (10, 23):

$$\text{Tensão (MPa)} = F \text{ (N)} / A \text{ (mm)}; A = \pi * r^2$$

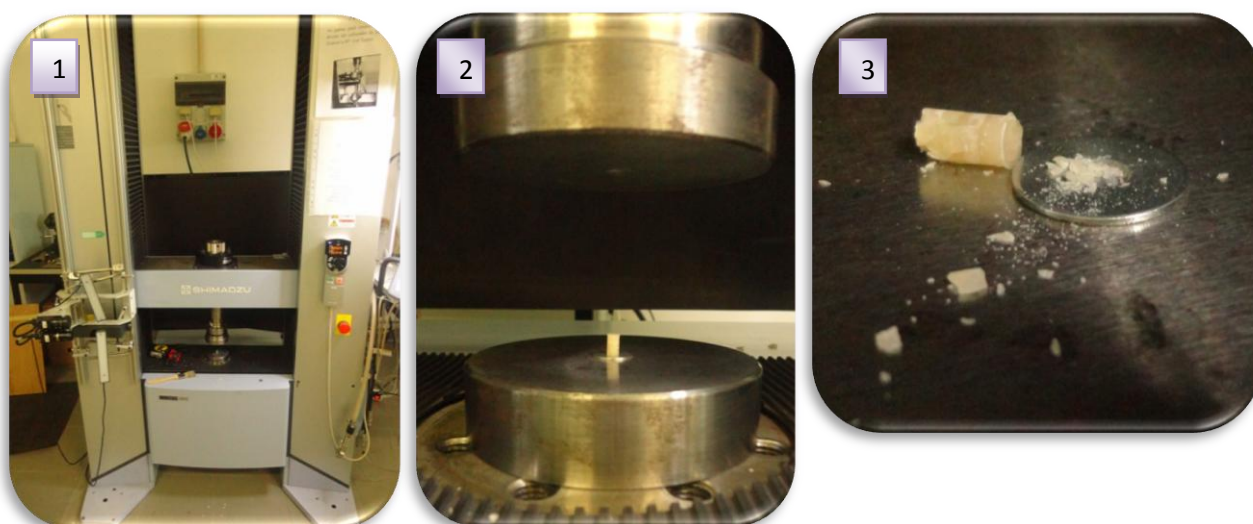


Figura 1) Máquina de estudo Shimadzu *Autograph AG-X 100 kN*; Figura 2) Amostra a ser submetida a uma força axial compressiva; Figura 3) Amostra depois de submetida ao teste de compressão.

Os resultados obtidos neste estudo foram transferidos e convertidos para MPa através do programa Microsoft Office® Excel 2007. A análise estatística foi desenvolvida com recurso ao programa SPSS® versão 21. Para a avaliação dos resultados da resistência á compressão das resinas compostas sem e com três lubrificantes utilizou-se a análise bivariada ANOVA com um nível de significância de 5%. A hipótese nula testada foi que o lubrificante não altera a resistência à compressão das RC estudadas, com um grau de confiança de 95%.

Resultados

Nos grupos com amostras de RC híbrida Z100 (3M ESPE) (Tabelas III e IV; Gráfico I) verificou-se que nem todas as amostras seguiam uma distribuição normal ($p < 0,05$), verificando-se que o valor-P ($p = 0,02$) para o grupo do adesivo de 5ª geração foi inferior ao nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Tests of Normality							
Grupos de preparação		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Resistência à compressão	3M ESPE-controlo	,167	12	,200	,939	12	,487
	3M ESPE-álcool	,166	12	,200*	,951	12	,652
	3M ESPE-adesivo 5ªG	,265	12	,020	,900	12	,161
	3M ESPE-adesivo 6ªG	,127	12	,200*	,959	12	,767

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Tabela III - Teste de normalidade dos valores de resistência à compressão dos grupos de RC híbrida Z100 (3M ESPE). O círculo a preto mostra o grau de significância referente aos 4 grupos.

Grupos amostras Z100 (3M ESPE)	Média	Desvio-Padrão
Z100 (3M ESPE) - controlo	312,43	77,43
Z100 (3M ESPE) + Álcool	297,07	71,91
Z100 (3M ESPE)+ Adesivo de 5ªG	321,21	62,22
Z100 (3M ESPE) + Adesivo 6ªG	232,79	49,67

Tabela IV: Média e desvio-padrão das amostras de RC híbrida Z100 (3M ESPE).

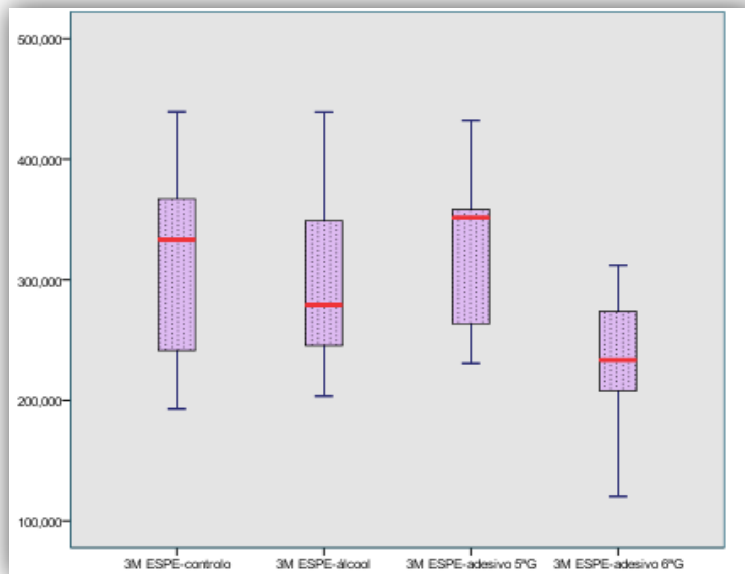


Gráfico I: Gráfico de caixa e bigodes: Intervalo de distribuição dos valores da força de tensão de compressão e mediana para os grupos de RC híbrida Z100 (3M ESPE).

Foi usado um teste não-paramétrico análogo à ANOVA (teste de Kruskal-Wallis). Este teste não coloca nenhuma restrição na comparação das amostras e prova que existe diferenças entre dois grupos diferentes (Tabela V). Utilizou-se a correção de Bonferroni ($0,05/3=0,016$) considerando uma significância de $\alpha=0,016$.

Kruskal-Wallis Test			
Ranks			
	Grupos de preparação	N	Mean Rank
Resistência à compressão	3M ESPE-controlo	12	28,50
	3M ESPE-álcool	12	25,50
	3M ESPE-adesivo 5ºG	12	29,92
	3M ESPE-adesivo 6ºG	12	14,08
	Total	48	
Test Statistics ^{a,b}			
	Resistência à compressão		
Chi-Square	9,480		
df	3		
Asymp. Sig.	,024		

Tabela V: Teste Kruskal-Wallis para os grupos de RC híbrida Z100 (3M ESPE).

Para verificar se há realmente diferenças entre grupos da RC híbrida (3M ESPE) utilizou-se o teste não paramétrico de U-Mann-Whitney, comparando cada grupo dos lubrificantes com o grupo controle (Tabelas VI).

Test Statistics ^a	
	Resistência à compressão
Mann-Whitney U	63,000
Wilcoxon W	141,000
Z	-,520
Asymp. Sig. (2-tailed)	,603
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,630 ^b
a. Grouping Variable: Grupos de preparação	
b. Not corrected for ties.	

Test Statistics ^a	
	Resistência à compressão
Mann-Whitney U	31,000
Wilcoxon W	109,000
Z	-2,367
Asymp. Sig. (2-tailed)	,018
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,017 ^b
a. Grouping Variable: Grupos de preparação	
b. Not corrected for ties.	

Test Statistics ^a	
	Resistência à compressão
Mann-Whitney U	70,000
Wilcoxon W	148,000
Z	-,115
Asymp. Sig. (2-tailed)	,908
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,932 ^b
a. Grouping Variable: Grupos de preparação	
b. Not corrected for ties.	

Tabela VI: Teste não paramétrico de U-Mann-Whitney. Comparação de cada grupo dos lubrificantes com o grupo controle - RC híbrida da Z100 (3M ESPE).

Apesar de o teste de Kruskal-Wallis indicar que há diferenças entre os grupos dos lubrificantes e o grupo controle, na verdade essa diferença não foi detetada através do teste de U-Mann-Whitney ($P > 0,016$). A razão poderá ser pelo número das amostras por grupos ser pequena ($n=12$). Posto isto, com um grau de confiança de 95 %, podemos afirmar que não existem diferenças estatisticamente significativas na resistência à compressão entre as amostras com RC híbrida Z100 (3M ESPE) sem e com o uso de lubrificantes.

Analisando os valores médios da tensão máxima de rutura por compressão de cada grupo de RC híbrida Z100 (3M ESPE) verificou-se que o grupo manipulado com adesivo de 5^a

geração foi o que obteve maior resistência à compressão, 321,21 MPa (62,22). O grupo manipulado com adesivo de 6ª geração foi o que obteve uma resistência à compressão mais baixa, 232,79 MPa (49,67). De referir que, o grupo controlo apresentou uma boa resistência às forças de compressão, 312,43 MPa (77,43), no entanto este valor é acompanhado por um desvio-padrão alto, o que quer dizer que apresenta heterogeneidade das tensões máximas de rutura.

A análise dos grupos das amostras manipulados com RC nanohíbrida Synergy®D6 (Colténe) revelou que estes seguem uma distribuição normal ($p > 0,05$) (Tabelas VII e VIII; Gráfico II).

Tests of Normality							
Grupos de preparação		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Resistência à compressão	Synergy-controlo	,203	12	,185	,913	12	,232
	Synergy-álcool	,177	12	,200 [*]	,938	12	,467
	Synergy-adesivo 5 ^a G	,160	12	,200 [*]	,949	12	,622
	Synergy-adesivo 6 ^a G	,175	12	,200 [*]	,953	12	,684

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Tabela VII: Teste de normalidade dos valores de resistência à compressão dos grupos de RC nanohíbrida Synergy®D6 (Colténe). O círculo a preto mostra o grau de significância referente aos 4 grupos.

Grupos amostras Synergy®D6 (Colténe)	Média	Desvio Padrão
Synergy®D6 - controlo	223,55	39,54
Synergy®D6 + Álcool	305,84	39,61
Synergy®D6 + Adesivo 5 ^a G	255,95	41,40
Synergy®D6 + Adesivo 6 ^a G	262,15	49,67

Tabela VIII: Média e desvio padrão obtidos nas amostras com RC Synergy®D6 (Colténe).

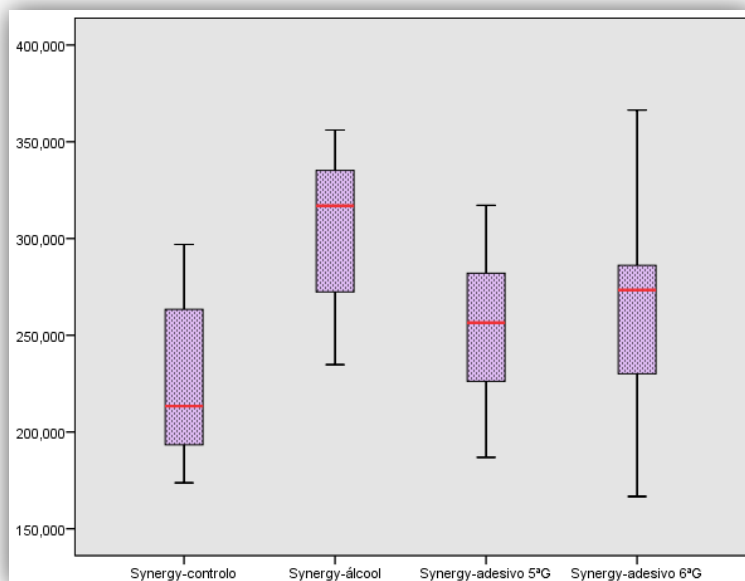


Gráfico II. Gráfico de caixa e bigodes: Intervalo de distribuição dos valores da força de tensão e mediana para os grupos de RC Synergy® D6 (Coltène).

Como todos os grupos seguem uma distribuição normal, pode-se analisar as variâncias dos vários grupos (ANOVA) através do teste de Dunnett. Também se recorreu à correção de Bonferroni ($0,05/3=0,016$) considerando um nível de significância de $\alpha=0,016$ (Tabela IX).

		Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	98,4% Confidence Interval		
(I) Grupos de preparação	(J) Grupos de preparação				Lower Bound	Upper Bound	
Tamhane	Synergy-controlo	Synergy-álcool	-82,297326*	16,197239	,000	-137,07520	-27,51946
		Synergy-adesivo 5ºG	-32,400703	16,567297	,325	-88,44168	23,64027
		Synergy-adesivo 6ºG	-38,599502	18,362861	,255	-101,07590	23,87689
	Synergy-álcool	Synergy-controlo	82,297326*	16,197239	,000	27,51946	137,07520
		Synergy-adesivo 5ºG	49,896623	16,539916	,038	-6,05379	105,84703
		Synergy-adesivo 6ºG	43,697824	18,338162	,150	-18,70590	106,10155
	Synergy-adesivo 5ºG	Synergy-controlo	32,400703	16,567297	,325	-23,64027	88,44168
		Synergy-álcool	-49,896623	16,539916	,038	-105,84703	6,05379
		Synergy-adesivo 6ºG	-6,198799	18,665823	1,000	-69,58138	57,18378
	Synergy-adesivo 6ºG	Synergy-controlo	38,599502	18,362861	,255	-23,87689	101,07590
		Synergy-álcool	-43,697824	18,338162	,150	-106,10155	18,70590
		Synergy-adesivo 5ºG	6,198799	18,665823	,000	-57,18378	69,58138
Dunnett t (2-sided) ^b	Synergy-álcool	Synergy-controlo	82,297326*	17,475175	,000	31,68586	132,90879
	Synergy-adesivo 5ºG	Synergy-controlo	32,400703	17,475175	,170	-18,21076	83,01217
	Synergy-adesivo 6ºG	Synergy-controlo	38,599502	17,475175	,083	-12,01196	89,21096

*. The mean difference is significant at the 0.016 level.

b. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Tabela IX: Teste de Dunnett para comparar a resistência à compressão dos grupos de RC nanohíbrida Synergy® D6 (Coltène). O círculo a preto mostra o grau de significância referente aos 4 grupos.

De notar, que a RC nanohíbrida Synergy®D6 (Colténe) manipulada com álcool apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,016$). Com uma confiança de 95%, a resistência à compressão deste grupo é maior do que a mesma RC manipulada com outros lubrificantes ou sem lubrificante. Nos outros grupos, cujos lubrificantes usados foram os adesivos de 5ª e 6ª geração, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, ou seja, a resistência à compressão das RC sem uso de lubrificante não é diferente dos grupos que foram manipulados com adesivos de 5ª e 6ª geração (Tabela IX).

Quanto aos valores médios da tensão máxima de rutura por compressão de cada grupo de RC nanohíbrida Synergy®D6 (Colténe) verificou-se que, o grupo manipulado com álcool foi o grupo que obteve maior resistência à compressão, 305,84 MPa (39,61). O grupo controlo foi o grupo que obteve uma resistência à compressão mais baixa, 223,55MPa (39,54). O uso de adesivo de 6ª geração, como lubrificante, apresentou maior resistência que os de 5ª geração, 262,15MPa (49,67) e 255,95MPa (41,40) respetivamente. Contudo, é o grupo com valores de dispersão mais elevado, 49,67MPa.

Na análise das amostras com RC nanohíbrida Grandio (Voco), verificou-se inicialmente que as amostras seguiam uma distribuição normal através do teste Kolmogorov-Smirnov (Tabelas X e XI; Gráfico III).

Tests of Normality						
Grupos de preparação		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk	
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df
Resistência à compressão	Voco-controlo	,211	12	,145	,884	12
	Voco-álcool	,118	12	,200*	,967	12
	Voco-adesivo 5ºG	,177	12	,200*	,952	12
	Voco-adesivo 6ºG	,129	12	,200*	,963	12

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Tabela X: Teste de normalidade dos valores de resistência à compressão dos grupos de RC nanohíbrida Grandio (Voco). O círculo a preto mostra o grau de significância referente aos 4 grupos.

Grupos amostras Grandio (Voco)	Média	Desvio Padrão
Grandio (Voco) - controle	293,88	22,64
Grandio (Voco) + Álcool	252,13	60,04
Grandio (Voco) + Adesivo de 5ªG	261,10	54,63
Grandio (Voco) + Adesivo 6ªG	245,24	65,22

Tabela XI: Média e desvio padrão obtidos nas amostras com RC Grandio (Voco).

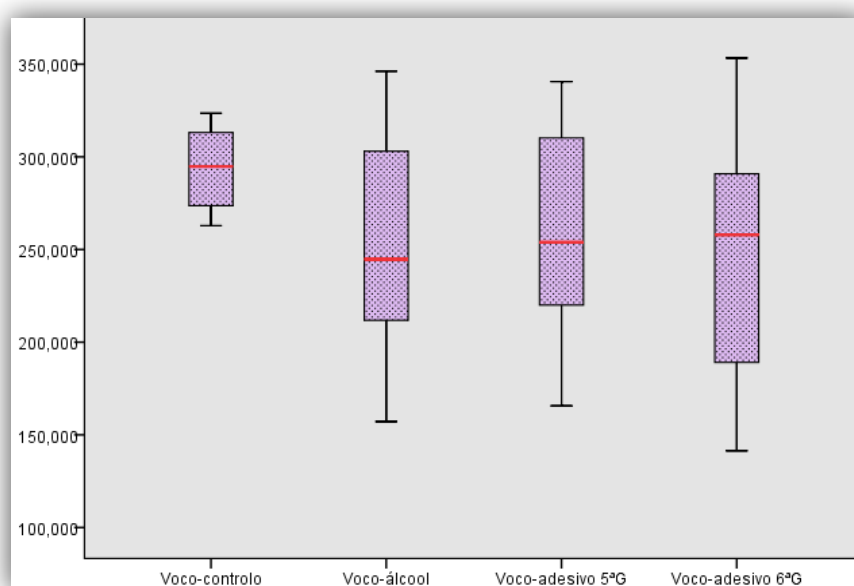


Gráfico III. Gráfico de caixa e bigodes: Intervalo de distribuição dos valores da força de tensão e mediana para os grupos de RC nanohíbrida Grandio (Voco).

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	98,4% Confidence Interval	
(I) Grupos de preparação	(J) Grupos de preparação					Lower Bound	Upper Bound
Tamhane	Voco-controlo	Voco-álcool	41,747087	18,523314	,221	-25,58724	109,08141
		Voco-adesivo 5ºG	32,781602	17,072233	,372	-28,75782	94,32102
		Voco-adesivo 6ºG	48,637374	19,928500	,162	-24,30219	121,57694
	Voco-álcool	Voco-controlo	-41,747087	18,523314	,221	-109,08141	25,58724
		Voco-adesivo 5ºG	-8,965486	23,433850	,999	-88,30453	70,37355
		Voco-adesivo 6ºG	6,890287	25,589633	1,000	-79,72544	93,50601
	Voco-adesivo 5ºG	Voco-controlo	-32,781602	17,072233	,372	-94,32102	28,75782
		Voco-álcool	8,965486	23,433850	,999	-70,37355	88,30453
		Voco-adesivo 6ºG	15,855772	24,559668	,989	-67,52243	99,23397
	Voco-adesivo 6ºG	Voco-controlo	-48,637374	19,928500	,162	-121,57694	24,30219
		Voco-álcool	-6,890287	25,589633	1,000	-93,50601	79,72544
		Voco-adesivo 5ºG	-15,855772	24,559668	,989	-99,23397	67,52243
Dunnett t (<control) ^a	Voco-álcool	Voco-controlo	-41,747087	21,751902	,075		15,25661
	Voco-adesivo 5ºG	Voco-controlo	-32,781602	21,751902	,158		24,22210
	Voco-adesivo 6ºG	Voco-controlo	-48,637374	21,751902	,039		8,36633

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Tabela XII: Teste de Dunnett para comparar a resistência à compressão dos grupos de RC nanohíbrida Grandio (Voco). O círculo a preto mostra o grau de significância referente aos 4 grupos.

Como todos os grupos seguem uma distribuição normal, pode-se analisar as variâncias dos vários grupos (ANOVA) através do teste de Dunnett, considerando um nível significância de $\alpha=0,016$ pela correção de Bonferroni.

Verificou-se que, com um grau de confiança de 95%, o uso de lubrificante não interferiu na resistência mecânica da amostra final (Tabela XII).

Analisando os valores médios da tensão máxima de rutura por compressão de cada grupo de RC nanohíbrida Grandio (Voco) verificou-se que, o grupo sem lubrificante obteve maior resistência à compressão e com valores de tensão muito semelhantes entre si - 293,88MPa (22,64). O grupo manipulado com adesivo de 6ª geração foi o que obteve uma resistência à compressão mais baixa e maior dispersão de valores de tensão, 245,24MPa (65,22). O grupo manipulado com adesivo de 5ª geração obteve melhor valor médio de tensão que o grupo manipulado com álcool: 261,10MPa (54,61) e 252,13MPa (60,04) respetivamente.

Discussão

O método do uso de lubrificantes para manipular a resina composta para a elaboração de uma restauração dentária mostrou apresentar resultados interessantes. O uso deste procedimento clínico tem despertado um interesse crescente para os médicos dentistas. Contudo, esta técnica tem suscitado preocupações sobre possíveis alterações nas propriedades físicas e mecânicas da resina composta (19-21).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que as diferenças não são estatisticamente significativas para a maioria dos lubrificantes usados, com exceção do grupo Synergy®D6 (Coltène) + álcool etílico 96% que revelou ter uma maior resistência à compressão, sendo este resultado estatisticamente significativo. Observou-se que no grupo da resina híbrida Z100 (3M ESPE) + adesivo de 5ª geração, os valores de resistência à compressão obtidos estiveram próximos de uma diferença estatisticamente significativa, no entanto estes resultados podem ter sido influenciados pelo baixo número de amostras para cada grupo neste estudo (n=12). Observou-se uma heterogeneidade dos resultados dentro do mesmo grupo, o que leva a pensar que a tendência para se anularem é maior, uma vez que se trata de uma amostra pequena.

As amostras mais simples de uniformizar e manipular foram aquelas em que foi usado um lubrificante. Verificamos que, ao serem submetidas à força de compressão, estas amostras fraturavam de uma só vez, ao contrário dos grupos controlo que iam fraturando à medida que a força de compressão ia sendo aplicada na amostra. Talvez isto se justifique pelo facto da viscosidade das amostras sem lubrificante ser maior do que nas amostras manipuladas com lubrificante durante a incrementação, sendo assim mais friáveis. Uma alta viscosidade implica um maior ângulo de superfície e energia superficial da RC, logo a probabilidade de incorporação de bolhas de ar entre os incrementos é maior (10, 23).

O facto da resina composta híbrida Z100 (3M ESPE) manipulada com um adesivo de 5ªG apresentar uma média de resistência à compressão maior relativamente aos outros grupos, quase com resultado estatístico, pode ser explicado pelo facto de este adesivo conter como

solvente acetona que tem a característica de inibir uma camada de ar (oxigénio) muito pequena por incremento quando comparada com outros materiais que não contêm acetona. A acetona previne o acesso de ar durante a polimerização do incremento resultando numa melhor polimerização (19). Eliades e Caputo em 1989 afirmam que a acetona é um bom agente de união entre camadas devido ao facto de apresentar capacidade de solubilidade, por ser um dador de prótons, formar ligações de hidrogénio e ser capaz de evaporar sendo o seu efeito na matriz desprezável (27).

Durante a manipulação das RC com álcool etílico a 96% observou-se que, entre os incrementos das amostras com RC Z100 (3M ESPE) e Grandio (Voco), a superfície ficou com aspeto esbranquiçado, um resultado semelhante ao obtido num estudo anterior, que desaconselha o uso de álcool para lubrificar os instrumentos de inserção e condensar as RC à base de bis-GMA ou UEDMA (22). O etanol, segundo este autor, não é compatível com algumas matrizes. A RC Synergy[®]D6 (Coltène) não apresentou qualquer superfície esbranquiçada, bem pelo contrário, as amostras apresentaram-se lisas e de cor uniforme. O álcool mostrou melhorar a resistência à compressão deste material, a razão poderá advir do facto de o álcool se comporta como um solvente promovendo o amaciamento da RC e a libertação de partículas, em forma de pó, na sua superfície (19). Verificou-se também que quanto mais esbranquiçadas se encontravam as amostras a capacidade de resistência da RC diminuía. Talvez este facto se justifique pela capacidade do etanol conseguir reagir com os monómeros das matrizes resinosas, diminuindo as suas propriedades. Uma diferença destas 3 RC é que, a matriz da RC Z100 (3M ESPE) e Grandio (Voco) contêm monómeros de dimetacrilato e na matriz da RC Synergy[®]D6 (Coltène) há ausência destes monómeros.

Seguindo a mesma ordem de raciocínio e prestando mais uma vez atenção à composição dos materiais, verificou-se que o adesivo de 6^aG apresenta como solvente o etanol. De facto, a resistência dos grupos manipulados com este “lubrificante” é semelhante ao que foi anteriormente descrito para o álcool. As RC que contêm monómeros de dimetacrilato apresentaram uma média de resistência à compressão menor quando manipuladas com este

adesivo 6^aG, ao passo que a RC que não contém monómeros de dimetacrilato – Synergy[®]D6 (Coltène) – apresentou uma média de resistência à compressão maior o que reforça a ideia de que o etanol na presença de monómeros de dimetacrilato pode diminuir a resistência à compressão da RC. Estes resultados poderiam induzir o erro de considerar que as RC sem dimetacrilato se comportariam melhor, no entanto, os monómeros de dimetacrilato na composição das RC promovem uma extensa ligação dupla, que aumenta a força e a rigidez do polímero e também a sua viscosidade. Para além do alto peso molecular dos monómeros, reduzem a contração de polimerização e promovem melhores resultados mecânicos (11). A questão só se coloca quando estas RC, com dimetacrilato na sua composição, são manipuladas com lubrificante com álcool.

Alguns estudos foram realizados no sentido de avaliar a influência da utilização de lubrificantes de instrumentos, durante a manipulação das RC, nas suas propriedades. Perdigão em 2006, avaliou a força de tensão por tração de uma RC híbrida em função do uso de 7 lubrificantes para limpar os instrumentos de inserção, tais como acetona, álcool isopropílico a 70%, adesivo 5^aG com solvente de água e etanol, adesivo 5^aG sem solvente, adesivo de 6^aG com solvente de acetona, 2 resinas fluídas sem solvente para modelar resinas compostas e concluiu que nenhum dos lubrificantes testados afetaram as propriedades mecânicas da RC híbrida usada no estudo. Pelo contrário, para seu espanto, todas apresentaram melhor resistência do que o grupo controlo. Este autor afirma que a presença de monómeros de resina e a ausência de água são dois parâmetros necessários para uma força de ligação maior da RC (21).

Na composição das RC, para além da matriz de resina, também a carga inorgânica interfere nas suas propriedades. Um dos benefícios das partículas de carga é que a contração de polimerização é compensada na proporção de fração do seu volume de carga das partículas. Também evita a absorção de água e o amolecimento da RC. O aumento do volume das partículas de carga bem ligadas entre si, tais como a SiO₂, melhora as propriedades físicas e mecânicas que promovem um aumento da performance clínica e durabilidade da RC (11). De facto, a resistência à compressão da RC Grandio (Voco) mostrou ter melhor resistência média

do que a RC Synergy[®]D6 (Coltène) quando só se usou adesivo de 5^a geração com solvente de acetona ou sem qualquer lubrificante. Ambas são compostas pelo mesmo tipo de partícula, no entanto, a RC Grandio (Voco) tem mais carga que a RC Synergy[®]D6 (Coltène).

Conclusão

O recurso a materiais com características lubrificantes para a realização de uma restauração em RC, facilita a sua manipulação e adaptação à cavidade e também entre camadas não alterando de forma estatisticamente significativa, a resistência à compressão da restauração final. Contudo, o médico dentista deve conhecer a composição dos lubrificantes e das RC uma vez que, sendo a sua composição base semelhante, com base no mesmo princípio, elas podem ser compostas por pequenas quantidades de outros componentes, que podem interferir com as suas propriedades, em condições diferentes. Estes conhecimentos, associados a uma boa técnica de manipulação e inserção da RC na cavidade previamente preparada, são fundamentais para a confecção de uma restauração final mais resistente.

O estudo da resistência à compressão *in vitro* não deve ser extrapolado para uma situação clínica. Porém, e apesar de não poder prever um desempenho clínico pode ajudar como ferramenta para estudos clínicos futuros.

Referências Bibliográficas

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of dental research*. 1955 Dec;34(6):849-53. PubMed PMID: 13271655.
2. J M. Fundamentos de dentística Operatória. 3 ed. Brasil2008.
3. M FB. Reflections about adhesive systems. *International Journal Odontostomatology*. 2010;4(1):47-52.
4. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative dentistry*. 2003 May-Jun;28(3):215-35. PubMed PMID: 12760693.
5. R H. TIPS: Dicas em Odontologia Estética. 1 ed: Brasil; 2011.
6. Bowen RL. Use of epoxy resins in restorative materials. *Journal of dental research*. 1956 Jun;35(3):360-9. PubMed PMID: 13332138.
7. Ewerton. Dentística: Saúde e estética. 2 ed. Brasil2007.
8. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *Journal of the American Dental Association*. 2003 Oct;134(10):1382-90. PubMed PMID: 14620019.
9. Bowen RL, Rodriguez MS. Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. *Journal of the American Dental Association*. 1962 Mar;64:378-87. PubMed PMID: 13872039.
10. Phillips RW. Skinner's Science of Dental Material. 7 ed. Indiana University School of Dentistry: Interamericana; 1978.
11. Kenneth J. Restorative Resins. In: Kenneth JA, editor. Phillip's Science of Dental Materials. 11th ed. USA: Elsevier Science; 2003.
12. Gajewski VE, Pfeifer CS, Froes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Brazilian dental journal*. 2012 Sep-Oct;23(5):508-14. PubMed PMID: 23306226.

13. Leinfelder K, Prasad A. A new condensable composite for the restoration of posterior teeth. *Dentistry today*. 1998 Feb;17(2):112-6. PubMed PMID: 9560676.
14. Silva Costa SX, Becker AB, de Souza Rastelli AN, de Castro Monteiro Loffredo L, de Andrade MF, Bagnato VS. Effect of four bleaching regimens on color changes and microhardness of dental nanofilled composite. *International journal of dentistry*. 2009;2009:313845. PubMed PMID: 20339576. Pubmed Central PMCID: 2837339.
15. Ewerton. *Restaurações estéticas: compósitos, cerâmicas e Implantes*. 1 ed. Brasil 2005.
16. Barateli. *Odontologia Retauradora: Fundamentos e Possibilidades*. 1 ed: Brasil; 2003.
17. Roberson T HH, Swift E. . *Art and Science of Operative Dentistry*. 5 ed. U.S.A. 2006.
18. Sturdevant C RT, Heymann H, Studervant J. *Arte y Ciencia Operatória Dental*. 3 ed. Spain 1996.
19. Barcellos DC, Pucci CR, Torres CR, Goto EH, Inocencio AC. Effects of resinous monomers used in restorative dental modeling on the cohesive strength of composite resin. *The journal of adhesive dentistry*. 2008 Oct;10(5):351-4. PubMed PMID: 19058680.
20. Dunn WJ, Strong TC. Effect of alcohol and unfilled resin in the incremental buildup of resin composite. *Quintessence international*. 2007 Jan;38(1):e20-6. PubMed PMID: 17508071.
21. Perdigao J, Gomes G. Effect of instrument lubricant on the cohesive strength of a hybrid resin composite. *Quintessence international*. 2006 Sep;37(8):621-5. PubMed PMID: 16922021.
22. Tjan AH, Glancy JF. Effects of four lubricants used during incremental insertion of two types of visible light-activated composites. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1988 Aug;60(2):189-94. PubMed PMID: 2971800.
23. Craig RG. *Restorative Dental Materials*. 8 ed. The University of Michigan, School of Dentistry 1989.
24. Janus J, Fauxpoint G, Arntz Y, Pelletier H, Etienne O. Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2010 May;26(5):416-25. PubMed PMID: 20097415.

25. Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Peumans M, Van Meerbeek B. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2013 Mar;29(3):269-77. PubMed PMID: 23228335.
26. Pereira SG, Osorio R, Toledano M, Nunes TG. Evaluation of two Bis-GMA analogues as potential monomer diluents to improve the mechanical properties of light-cured composite resins. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2005 Sep;21(9):823-30. PubMed PMID: 15876451.
27. Eliades GC, Caputo AA. The strength of layering technique in visible light-cured composites. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1989 Jan;61(1):31-8. PubMed PMID: 2644420.

Agradecimentos

O espaço limitado desta secção de agradecimentos nunca será suficiente para me permitir agradecer de forma devida a todos aqueles que tornaram possível a elaboração desta monografia de investigação. Estas pequenas palavras são profundas e sentidas de reconhecido agradecimento.

À *Professora Doutora Ana Portela*, expresso o meu profundo agradecimento pela orientação e apoio que me proporcionou melhor conhecimento científico e estimulou a vontade constante de querer fazer mais e melhor.

Ao *Professor Doutor Mário Jorge*, o meu sincero agradecimento pela coorientação neste trabalho de investigação. Muito obrigada pela total disponibilidade que sempre revelou para comigo. O seu apoio foi determinante na elaboração desta monografia.

Ao *Instituto Superior de Engenharia do Porto*, em especial ao *Professor Doutor Arnaldo Pinto*, por me ter proporcionado as condições necessárias para a elaboração da minha monografia de investigação. Agradeço muito a sua simpatia e disponibilidade.

Ao *Professor Doutor Álvaro Azevedo* pelo apoio e ajuda na obtenção dos resultados deste trabalho.

Aos funcionários da faculdade, em especial à *D. Eugénia*, à *D. Alice* e ao *Sr. Paulo*, sempre prestáveis e disponíveis para me ajudar.

Às minhas colegas *Angelina Kizola*, *Virgínia Otto Fernandes*, *Marisa Résio*, *Helena Melo* e *Joana Glória*, um muito obrigado pela ajuda e companheirismo, pois permitiram este trabalho fosse elaborado com particular motivação.

Um especial obrigado à minha amiga e madrinha *Sara Silva* pelo incentivo e atenção prestada no decorrer deste trabalho.

Ao *Alban*, um agradecimento especial pelo apoio e carinho diários, pelas palavras doces e pela transmissão de confiança e de força, em todos os momentos. Também lhe agradeço pela ajuda constante na clarificação de certos conceitos básicos envolvidos no ensaio mecânico deste trabalho.

À *minha família*, em especial aos meus pais, aos meus irmãos, um enorme obrigado por acreditarem sempre em mim e naquilo que faço e por todos os ensinamentos de vida. Um especial obrigado ao meu cunhado *Elsó Lago* pelo feedback na leitura final desta monografia. A eles dedico este trabalho.

ANEXOS